

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

KOMUNIKAČNÍ MODUL NA FREKVENCI 433 MHZ
THE COMMUNICATION MODULE OF 433 MHZ
FREQUENCY

Autor práce: Václav Čoček
Vedoucí práce: Ing. Jiří Kulhánec, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Václav Čoček**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3902R001 Aplikovaná informatika a řízení
Téma: **Komunikační modul na frekvenci 433 MHz**
The Communication Module of 433 MHz Frequency
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s aktuálně používanými systémy a bezdrátovými protokoly inteligentních domácností.
2. Podrobněji popište principy modulů pracujících na frekvencích 433/866 MHz a jejich možnosti.
3. Zaznamenejte a analyzujte komunikační protokol komerčního modulu inteligentní domácnosti pracujícího na 433 MHz.
4. Nahrad'te vybrané funkce tohoto modulu vlastním programovatelným modulem na bázi Arduino/Raspberry aj.
5. Propojte bezdrátový komunikační modul se systémem inteligentní domácnosti.
6. Zhodno'te dosažené výsledky.

Seznam doporučené odborné literatury:

Diplomové práce realizované na katedře 352, VŠB-TUO v letech 2009 – 2014.
VLACH, J. Počítačová rozhraní, přenos dat a řídicí systémy. Praha, BEN-technická literatura, 1997, ISBN 80-85940-17-4.
WHITT, M. D. Successful Instrumentation and Control Systems Design. New York (USA): ISA, 2003. 360 p. ISBN 1-55617-844-1.
Z-Wave alliance, dostupné online z www.z-wavealliance.org
SMÉKAL, Z. Systémy a signály: 1D a 2D diskretní a číslicové zpracování. 1. vyd. Praha: Sdělovací technika, 2013, 254 s. ISBN 978-80-86645-23-0.

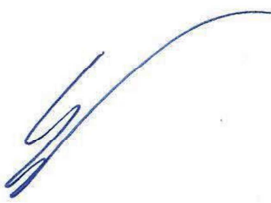
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kulháněk, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015
Datum odevzdání: 16.05.2016


doc. Ing. Renata Wagnerová, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Ve Stříteži nad Ludinou dne 10. 5. 2016



.....

Václav Čoček

Prohlašuji, že

- Byl jsem seznámen s tím, že se na moji bakalářskou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo výdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Ve Stříteži nad Ludinou dne 10. 5. 2016

.....

Václav Čoček

Čoček Václav

Střítež nad Ludinou č. 62,

753 63 Střítež nad Ludinou

Poděkování

Děkuji Ing. Jiřímu Kulhánkovi, Ph.D. za odborné rady při měření kódů a za celkové vedení při zpracování bakalářské práce. Také děkuji Luboši Kučnému za výpomoc při tvorbě zdrojového kódu.

Anotace

ČOČEK, Václav. 2016. Komunikační modul na frekvenci 433 MHz. Ostrava, 53 s. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce: Ing. Jiří Kulhánek, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá současnými komunikačními moduly pracující na frekvenci 433/866 MHz, se zaměřením na bezdrátové RF moduly a jejich komunikační protokoly. V úvodní části jsou popsány vybrané inteligentní systémy a jejich komunikační protokoly. Následující část je věnována funkci RF modulům. Předposlední část vyplňuje analýza komunikačního protokolu inteligentního zařízení pracujícího na 433/866 MHz. Závěr práce pojednává o volně programovatelném RF zařízení, které ovládá RF zařízení inteligentní domácnosti pomocí webové stránky nebo tlačítka.

Klíčová slova Rádio frekvenční, modul, vysílač, přijímač, Arduino, protokol, systém, analýza, osciloskop

Annotation

ČOČEK, Václav. 2016. The communication module of 433 MHz frequency. Ostrava, 53 p. Bachelor thesis. VŠB - Technical University of Ostrava. Supervisor: Ing. Jiří Kulhánek, Ph.D.

Bachelor thesis deals with the current communication modules using the 433/866 MHz, with a focus on RF wireless modules and communication protocols. The introductory section describes selected intelligent systems and communication protocols. The following section is devoted to the function of RF modules. The penultimate part of document is about the communication protocol analysis for intelligent devices operating on 433/866MHz. Finally, the work deals with the freely programmable RF device, that controls RF devices, smart home through a Web page or button.

Key words Radio Frequency, module, transmitter, receiver, Arduino, protocol, system, analysis, oscilloscope

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	9
1 ÚVOD	11
2 SYSTÉMY A PROTOKOLY INTELIGENTNÍCH DOMÁCNOSTÍ.....	12
2.1 Popis inteligentní domácnosti	12
2.2 Systémy inteligentních domácností	14
2.3 Protokoly inteligentních domácností	16
3 RF MODULY PRACUJÍCÍ NA FREKVENCI 433/866 MHz	22
3.1 RF moduly.....	22
3.2 Jednosměrná bezdrátová komunikace RF modulů.....	23
3.3 Manchester kódování / diferenciální Manchester	25
3.4 Měření na modulech XY-FST a XY-MK-5V	26
3.5 RF MODULY V ISM PÁSMU	29
4 ANALÝZA KOMUNIKAČNÍHO PROTOKOLU	30
4.1 Příjem a analýza plovoucího kódu autoklíče	30
4.2 Příjem kódu nástěnného vysílacího tlačítka ELKO-EP	32
4.3 Příjem kódu vysílače Elektrobock	33
5 OVLÁDÁNÍ INTELIGENTNÍHO ZAŘÍZENÍ.....	35
5.1 Komponenty zařízení	35
5.1.1 Vývojová deska.....	36
5.1.2 Ethernet shield R3.....	37
5.1.3 Arduino prototyp shield	38

5.1.4 RF zásuvka WS101.....	39
5.2 Implementace zařízení do krabičky	40
5.3 Zdrojový kód.....	41
5.4 Webová aplikace RF zařízení	43
6 ZÁVĚR	44
Použité zdroje a literatura	45

Seznam použitých zkratk a symbolů

ARM	Zdokonalený počítač typu RISC (Advanced RISC Machine)
ASK	Klíčování posunem amplitudy (Amplitude Shift Keying)
AVR	8bitový RISC mikropočítač od Atmel (Advanced Virtual RISC)
C/C++	Programovací jazyk (Programming Language)
DALI	(Digital Addressable Lighting Interface)
EEPROM	Elektricky vymazatelná PROM, paměť (Erasable Programmable Read-Only Memory)
EIB	(European Instalation Bus)
EIBA	(European Instalation Bus Association)
EZS	Elektrické zabezpečovací systémy (Electrical Security Systems).
FSK	Klíčování posunem kmitočtu (Frequency Shift Keying)
GPRS	Obecný paketový rádiový systém (General Packet Radio System)
GSM	Globální Systém pro Mobilní komunikaci (Global System for Mobile Communication)
HDMI	Digitální rozhraní používané mezi zdrojem audio a video signálu (High-Definition Multi-media Interface)
I/O	Digitální Vstup/Výstup (Digital Input / Output)
ICSP	Možnost programování mikrokontroléru přímo v aplikaci sériovou linkou (In-Circuit Serial Programming)
IDE	Integrované vývojové prostředí (Integrated Development Environment)
ISM	Rádiové pásmo (Industrial, Scientific and Medical)
KNX	Technologie Konnex Bus
KNXA	Technologie Konnex Bus Association
LAN	lokální síť (Local Area Network)
PC	Osobní počítač (Personal Computer)
PSK	Klíčování posunem (změnou) fáze (Phase Shift Keying)
PWM	Pulsní šířková modulace (Pulse Width Modulation)

RF	Rádiová frekvence (Radio Frequency)
RNG	Generátor náhodných čísel (Random Number Generator)
SMS	Systém krátkých zpráv (Short Message Service)
SRAM	Statická paměť s libovolným výběrem (Static Random Access Memory)
TCP	Řídící přenosový protokol (Transmission Control Protocol)
UART	Univerzální asynchronní přijímač a vysílač (Universal Asynchronous Receiver / Transceiver)
UDP	Uživatelský datagramový protokol (User Datagram Protocol)
UMTS	Univerzální telekomunikační mobilní systém (Universal Mobile Telephone System)
USART	Univerzální synchronní a asynchronní přijímač a vysílač (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)
USB	Univerzální sériová sběrnice (Universal Serial Bus)
UTP	Nestíněná kroucená dvojlinka (Unshielded Twisted Pair)
WiFi	Komunikační standard pro bezdrátový přenos dat (Wireless Fidelity)
WiMAX	Bezdrátová technologie definovaná ve standardu IEEE 802.16. (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

c $[m \cdot s^{-1}]$ Rychlost světla ve vakuu

f [Hz] Frekvence

λ [m] Vlnová délka

1 ÚVOD

V současnosti existuje spousta společností vytvářející automatizované systémy pro inteligentní domácnosti. Tyto systémy zabezpečují správný chod elektrického vybavení domu a to dle uživatelského nastavení. Systémy jsou velice adaptivní a jednoduše se dají rozšířit o další a další elektricky řízená vybavení domácnosti. Systémy používají pro komunikaci s elektrickými zařízeními domácnosti komunikační protokol. Každá společnost inteligentní domácnosti používá svůj vlastní komunikační protokol jak pro drátovou, tak pro moderní bezdrátovou komunikaci. Obě tyto komunikace jsou rušeny elektromagnetickými účinky, které se v našem okolí vyskytují díky indukčnosti elektrických spotřebičů. Proto musíme s rušením počítat a určitými opatřeními zajistit správnost přenášených dat.

Jak bylo zmíněno, tak uživatel má možnost neustále řídit a přenastavit inteligentní domácnost díky systému, jenž užívá v domácnosti. Systémy proto také musí komunikovat s uživatelem, to je zajištěno zpravidla IR, či RF ovladačem, nebo v dnešní době moderními dostupnými způsoby, tedy řízením přes softwarovou aplikaci v mobilních telefonech, v noteboocích, či v počítačích a to přes ISM pásmo nebo internet.

K bezdrátové komunikaci se již řadí spousta rozvíjejících se technologií a standardů v pásmu ISM (např. Wifi, Bluetooth, GSM, UMTS, WiMAX, ap.), v této práci si však přiblížíme bezdrátovou komunikaci pracující v pásmu na tzv. volných frekvencích 433/866 MHz, u kterých není zapotřebí licenčních smluv. Tato pásma jsou závislá na geografickém umístění, které rozděluje Mezinárodní telekomunikační úřad. Zařízení, jenž mohou být použita v ISM pásmu je celá řada a závisí na typu použití. Nás budou především zajímat RF moduly.

Cílem práce bude seznámení se se systémy a komunikačními protokoly inteligentních domácností a prozkoumání momentálně dostupných RF modulů, pracujících na frekvenci 433/866 MHz. Dále měření a analýza komunikačního protokolu komerčního modulu z inteligentní domácnosti pracujícího na 433/866 MHz. Následně pomocí vlastního programovatelného modulu s technologií arduino/raspberry, zajišťovat bezdrátovou komunikaci pro zapnutí či vypnutí síťové zásuvky 230 V / 50 Hz.

2 SYSTÉMY A PROTOKOLY INTELIGENTNÍCH DOMÁCNOSTÍ

V následující části bude popsána jedna z mnoha inteligentních domácností. Dále popis mnoha systémů inteligentní domácnosti, jejich možnosti a způsoby propojení. V závěru této části se seznámíme s komunikačními protokoly inteligentních domácností.

2.1 Popis inteligentní domácnosti

Inteligentní domácnost - Je inovativní řešení nejen interních zařízení domů, ale vztahuje se i na venkovní vybavení domů, a to za použití elektronických zařízení, řídicích a zabezpečovacích systémů, které jsou především modulově dostupné. Takto můžeme efektivně a snadno navrhnout dům, jenž by umožňoval snadnou obsluhu a ušetřit kolem patnácti až třiceti procent elektrické energie, viz Obr. 1.

Hlavní vlastností těchto domů je možnost ovládat, regulovat a sledovat chod veškerého vybavení domu, k tomu uzpůsobená, a to bezdrátově na dálku z jednoho místa. Tímto řešením je dům komfortně vyřešen a dokáže člověku ušetřit nejen na nákladech za energie, ale i šetří čas. Před samotnou realizací takového domu probíhá takzvané projektování, které navrhne optimální uložení řídicích prvků a veškerého potřebného zařízení na nejschůdnější místa v domě i jeho okolí, tak aby byla zabezpečena správná funkčnost každého domu.

Mozkem celého systému inteligentní domácnosti je řídicí jednotka. Ta komunikuje se všemi připojenými spotřebiči a získává od nich potřebné informace (v podobě dat) např. o teplotě vyhodnocuje a na základě požadavků reguluje dané elektrické zařízení (plynovou klapku kotle). Řídicí jednotka je zcela samostatná a díky tomu bezpečná (žádné napadení viry atp.), také spolehlivá a funkční i při vypnutí PC či elektrické energie. Tato řídicí jednotka může být ovládána pomocí programu (softwaru) instalovaného na PC, tabletu, notebooku apod. [5]

Hlavní aplikace inteligentních domácností

- **Ovládání vytápění** - umožňuje nastavit teplotu v celém domě nebo v jednotlivých místnostech, umožňuje zjištění aktuálních teplot i automatickou regulaci podle předem nastavených programů

- *Ovládání osvětlení* - pro nastavení světelných scén jednotlivých místností, ve spojení s pohybovými čidly automatické spínání osvětlení v určených prostorách, nastavení osvětlení bazénu v závislosti na venkovním světle
- *Zabezpečení* - přes GSM síť jsme na dálku informováni z EZS domu o stavu narušení bezpečnosti, požáru, vniknutí vody
- *Ovládání multimédia* - hlasitost, výběr přehrávané muziky
- *Ovládání zásuvek* - spínání a rozepínání
- *Kamerový systém* - nahrávání
- *Monitoring* - seniorů, handicapovaných
- *Ovládání vstupů* - vrat garáží, posuvných branek
- *Ovládání stínění* - žaluzií, rolet, markýz
- *Zavlažování* - trávníku, skleníku
- *Vyhřívání* - chodníků, akvária



Obr. 1 Inteligentní domácnost, převzato z [5]

2.2 Systémy inteligentních domácností

Systém Synco™ living

Švýcarský bezdrátový systém domácí automatizace od firmy Siemens umožňující ovládání prvků pro vytápění, větrání a klimatizaci, spínání elektrických spotřebičů, monitorování místností v domácnosti, ale i funkce umožňující úspory energií. Systém umožňuje vzájemně komunikovat bezdrátově nebo po sběrnici. Komunikace je řešena standardizovaným protokolem KNX, což umožňuje rozšíření systému i o další prvky různých výrobců. Nechybí ani možnost ovládání přes internet, včetně automatického zasílání emailů o událostech a přehledech spotřeby energií. [12]

Systém Loxone

Při pořizování tohoto českého systému, je nabízena kabelová i bezdrátová technologie, která využívá ke komunikaci s inteligentními prvky vhodný miniserver. Díky tohoto serveru se systém stává méně uzavřeným, vždy se do něj dají integrovat kterékoliv komplexní systémy, tím je myšlen například systém fotovoltaiky. Běžně ovládanými prvky mohou například být topná i chladicí zařízení, žaluzie, světla, alarmy a multimédia. Vše se dá řídit přes volně dostupný software, jenž si nainstalujete do tabletu, telefonu nebo iPadu. [10]

Systém Elektrobock cz

Je český bezdrátový systém zaměřený na energetické úspory domu pomocí regulace spotřebičů. Vše řídí centrální jednotka, která získává informace ze snímačů a po vyhodnocení s uživatelským nastavením, akčně reguluje spotřebiče (topná zařízení, ohřívače bazény, ventilaci). Uživatel zadává do řídicí jednotky svá nastavení přes PC, PDA či za použití GSM modulu ovládat i pomocí SMS zpráv z mobilního telefonu. My odešleme SMS zprávu, aby jednotka zvýšila teplotu, ta to udělá a pošle potvrzovací SMS zpátky. Pokud systém ovládáme pomocí PC či PDA, musíme nejprve připojit komunikační linku. Po dokončení konfigurace je možné linku odpojit, systém se bude řídit dle posledních nahraných informací. [5]

Řešení PocketHome - Zajišťuje především řízení regulace vytápění. O funkci se stará bezdrátová centrální jednotka přijímače kotle PH-PK20 a elektronicky digitální hlavice

PH–HD20. Další bezdrátovou obousměrnou jednotkou je PH–CJ37, kterou můžeme umístit v kterékoliv místnosti nebo přenášet.

Bezdrátový přenos mezi jednotkami je provozován na frekvenci 433 MHz, kde je zajištěna správnost přenášených dat na dostačující vzdálenost při vyzařování 10 mW signálu a tím je neškodný na lidský organismus.

Tento systém na dnešní dostupné systémy strádá svou propracovaností softwaru.

Systém Jablotron 100

Je bezdrátovým českým systémem společnosti TELMO a.s. sloužícím především k zabezpečení domů, obchodů, kanceláří, skladů.

Uživatelská tlačítka ovládacího panelu mají jednoduchou logiku semaforu, jsou umístěna nad sebou a mohou se postupně přidávat. Potvrzení stisku tlačítka se provádí pomocí karty, která se přiloží na čtecí plochu. Systém je řízen z ústředny. K ústředně lze připojit mnoho detektorů a čidel například detektor kouře, zaplavení atd. Ústředna má vestavěný GSM/GPRS/LAN komunikátor, který umožňuje hlasovou, SMS nebo GPRS komunikaci s koncovými uživateli. Je vybaven 1GB paměťovou kartou pro uchování dat událostí, nabídku hlasových zpráv, ukládání snímků atd. [8]

Systém iNELS

Spadá pod českou firmu ELKO EP a je jeden z nejrozšířenějších systémů v ČR.

iNELS RF Control - Opět vhodný systém pro bezdrátové řízení domu, hotelu, chaty nebo bytu, které probíhá na obousměrném komunikačním protokolu pracujícího na frekvenci 866 MHz. Uživatel má možnost řídit systém pomocí vypínačů, klíčenek, dálkových ovladačů, dotykovými jednotkami, či nově mobily a tablety. Systém může ovládat mnohé prvky domu pro energetické či komfortní účely a samozřejmě jej můžeme rozšiřovat i inovovat. Také lze použít bezpečnostní prvky ze systému Jablotron neboť komunikace obou systémů je vzájemně kompatibilní. [12]

iNELS BUS Systém – Je robustný drátový systém novostaveb s vysokými nároky. Mohou spolupracovat se systémem FOXTROT, Control4, iNELS Multimédia. Uživatelsky řídit systém je možno přes novodobou elektroniku jako iPad a iPhon. [12]

System Control4

Control4 je nejen vynikajícím celosvětově rozšířeným systémem inteligentní automatizace, ale v českém prostředí zejména vynikající integrační a vizualizační základnou. Jeho významnou předností je, že jako jeden z mála systémů na trhu nabízí za rozumné ceny aplikace pro ovládání z Androidu i z Windows a má i vlastní webovou aplikaci pro dálkový přístup. Systémová komunikace běží na standardním bezdrátovém protokolu ZigBee. Tento systém možno použít k elektroinstalaci jako jsou iNELS či xComfort. Hlavní výhodou Control4 kromě komfortu ovládání a multimediálních funkcí je možnost postupného rozšiřování celého řešení o další funkce, zejména v kombinaci s bezdrátovými podřízenými systémy. [12]

Systém xComfort

Spadá pod rakouskou bezdrátovou automatizovanou domácnost od firmy Eaton. Podobně jako ostatní bezdrátové systémy se xComfort hodí zejména pro dodatečné instalace automatizační technologie a do dokončených domů a bytů. Umožňuje postupné zavádění systému podle potřeb uživatele a začlenění do nadřazených systémů, z nichž doporučujeme především flexibilní Control4. Ovládání xComfort je, kromě bezdrátových nástěnných tlačítek a dálkových ovladačů, možné též z nástěnných jednotek s displejem Room Manager a Home Manager. Nechybí možnost ovládání z mobilní a tabletové aplikace. [12]

2.3 Protokoly inteligentních domácností

Protokol Z-Wave

Je to úzkopásmový protokol zajišťující bezdrátovou komunikaci v systémech automatizovaných domácností, kanceláří a podobně využívaných prostorů. V praxi zajišťuje potřeby domácích zařízení, jako jsou termostaty, čidla, osvětlení, klimatizace, vzduchotechnika, ovládání audio či video techniky, které přenáší pouze malé objemy dat. [6]

Hlavním úkolem je přenos řídicích povelů mezi koncovými zařízeními, ovšem bez možnosti datové komunikace. Největší síla tohoto protokolu je v tom, že každý prvek této

sítě dokáže signál přeposílat. Takže pokud primární radič nemá možnost odeslat signál na nejvzdálenější prvek, tak jej jednoduše pošle přes prvky, které jsou „po cestě“. [17]

Protokol Z-Wave využívá systém Fibaro, jenž je jedním ze systémů inteligentních domácností.

Popis architektury Z-Wave - Architektura se skládá ze čtyř hlavních vrstev. Vrstva řízení tvoří základnu, do její kompetence spadá definice fyzických parametrů přenosu. Vyšší vrstva známá jako transportní se stará o vše ohledně přenosu, jako například vysílá potvrzení, či v případě problémů zajistí, aby byl signál vyslán znovu. Tyto služby využívá sousední síťová vrstva. V případě, že spolu dva prvky nesousedí, zajistí mezi těmito prvky přenos. Čtvrtá a nejvyšší vrstva je aplikační, ta zpracovává a produkuje data přenášená sítí. [6]

Výhody Z-Wave

- Komunikace probíhá ve vyhrazeném pásmu, proto se na rozdíl od různých Wifi či Bluetooth řešení nemusíte bát rušení.
- Schopnost zapojení tzv. plug & play, přidání nového modulu do systému je stejně snadné, jako například připojit k počítači usb klíčenku.
- V otevřeném prostoru je dosah až 100 metrů.
- Z-Wave vytváří topologii sítě typu Mesh, kde každé zařízení je schopné nejen přijímat, ale také vysílat řídicí příkazy. Každý článek tak dokáže sledovat a řídit práci jiných modulů a zároveň komunikovat s centrální jednotkou.

Protokol KNX

Technologie Konnex Bus (KNX) je standardizovaný mezinárodní komunikační systém, který spadá pod správu Technologie Konnex Bus Association (KNXA). [9]

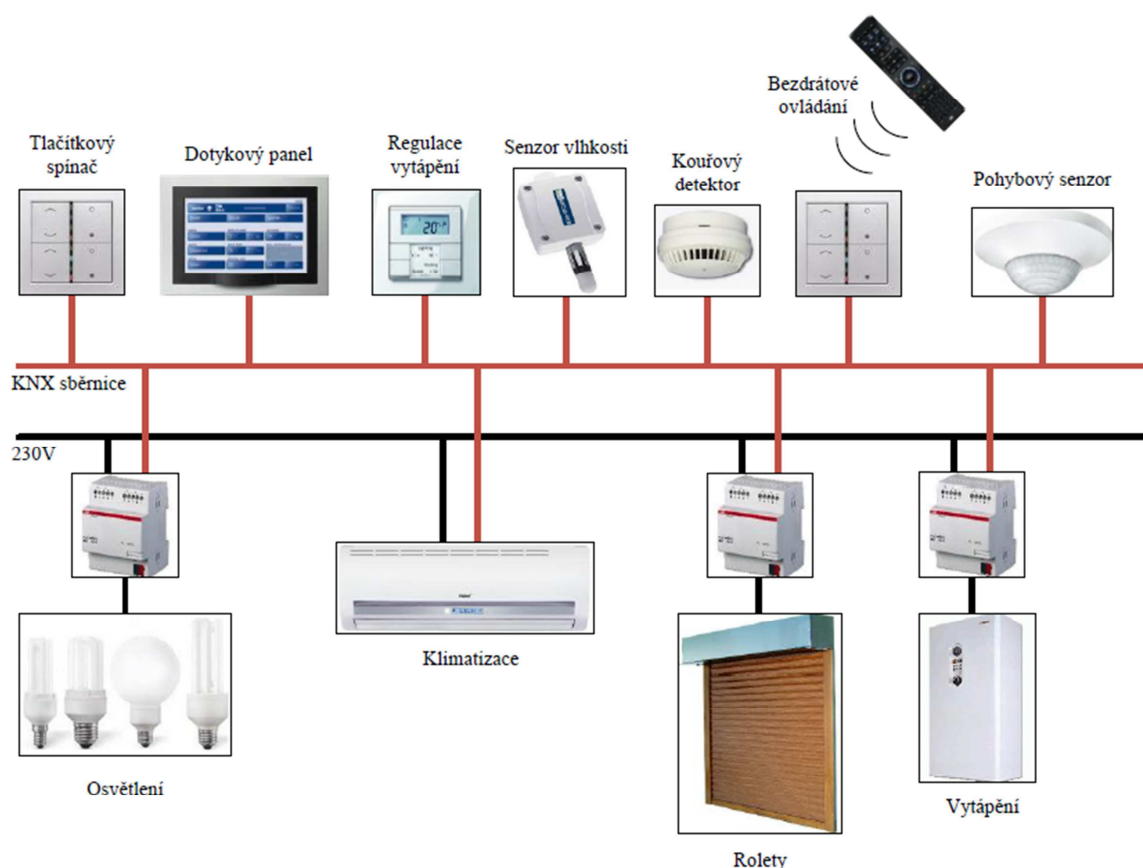
Využití nachází v technických nebo inteligentních systémech budov, kde se používá k informativnímu propojení zařízení, jako jsou snímače, akční členy, regulátory, řídicí a regulační panely, dále obslužná, servisní, dispečerská, vizualizační a operátorská zařízení. Jeho účelem je flexibilní ovládání elektroinstalačních prvků budovy s předem definovanými vlastnostmi za účelem zvýšit komfort, bezpečnost a v neposlední řadě i hospodárnost celé budovy.

KNX se nejčastěji pojí se sběrnici European Instalation Bus (EIB), která je dílem sdružení firem zabývajících se elektroinstalacemi v Evropě, European Instalation Bus Association (EIBA). KNX je kompatibilní s více systémovými sběrnici, či subsystémy a má s nimi do jisté míry provázaný komunikační protokol. [11]

Každé zařízení KNX má svoji vlastní řídicí jednotku. Zařízení si mohou vyměňovat informace přímo, tj. bez centrální jednotky prostřednictvím sběrnice vedení. Všechna zařízení jsou rovnocenné sběrnice přístroje (multi-master provoz). Sběrnice napětí je 24 V (+6/-4 V) DC. Rychlost přenosu dat je 9,6 kbit/s. [3]

Základ topologie KNX je tvořen takzvanou linií, jde o propojení až 64 systémových jednotek, označovaných jako účastníci na sběrnici. Každá linie musí obsahovat minimálně jeden vlastní napájecí zdroj. Linií lze tvořit buď propojením účastníků hvězdicově, stromově či klasicky pomocí sběrnice. Při použití liniového opakovatele může obsluhovat KNX až 58 000 účastníků.

KNX v inteligentní domácnosti umožňuje – řízení osvětlení, ovládání rolet a žaluzií, řízení vytápění a klimatizace, funkčnost ochranných a bezpečnostních prvků, vizualizaci, dálkově monitorovat či řídit prostřednictvím telekomunikačních sítí, hospodařit s energií, viz Obr. 2.



Obr. 2 Hierarchie KNX, převzato z [11]

Protokol DALI

Digital Addressable Lighting Interface (DALI) je protokol definovaný IEC1 standardy 60929 a 62386. Tyto standardy v sobě definuje řídicí a monitorovací funkce pro jednotky hlavního osvětlení, nouzového osvětlení a LED osvětlení. Tento protokol využívá digitální řízení, které je oproti analogovému flexibilnější, robustnější a finančně efektivnější. Systém DALI je možno implementovat do složitějšího systému jako řídicí systém osvětlení. Umožňuje provádět instalace v zapojení do hvězdy, stromu, kruhu i série. Komunikace mezi jednotkami probíhá po nestíněné dvou vodičové soustavě vodičů, jejíž délka nepřesahuje 300m. [3]

Vlastnosti a výhody DALI

- Individuální nebo skupinové řízení – díky individuální adresaci prvků
- Jednoduchost zapojení sběrnice – nezáleží na polaritě zapojení sběrnice
- Kontrolní zprávy – umožňují zpětnou informaci, například o nefunkčnosti světelného zdroje

- Logaritmické stmívání – více vyhovuje citlivosti lidského oka
- Operační tolerance světelného zdroje – umožňuje nastavit maximální hodnotu, například z důvodu šetření elektrické energie
- Nastavitelná rychlost stmívání
- Menší systémová cena a více funkcí v porovnání se systémem stmívání 1 - 10 V

Maximální počet řízených zařízení protokolem DALI

- 64 individuálních jednotek s individuální adresou
- 16 skupin, tedy 16 skupinových adres
- 16 světelných scén s konkrétními hodnotami

Tedy každá jedna jednotka neboli předřadník má svou individuální adresu, ta může spadat až do 16 skupin s určitou skupinovou adresou a danými parametry světelné scény, kde scéna je definovaná hodnota světelné úrovně jednoho či více světelných zdrojů.

Do inteligentních domácností je implementace DALI možná třemi způsoby a to jako DALI samostatný systém, DALI samostatný podsystém a DALI jako podsystém.

Protokol ZigBee

Je to bezdrátový komunikační protokol spravovaný organizací ZigBee Alliance a označovaný též jako IEEE 802.15.4. ZigBee především umožňuje energeticky spořivou, cenově dostupnou, obousměrnou komunikaci mezi zařízeními s dosahem na stovky metrů. ZigBee předčí v některých parametrech ostatní bezdrátové standardy, viz Tab. 1. Nižší přenosová rychlost poskytuje vyšší odolnost proti rušení, což ZigBee předurčuje pro využití v průmyslu

ZigBee se snáze implementuje a uplatňuje v inteligentních systémech domácností, kde zajišťuje hlavně aplikace s bateriově napájenými moduly, tedy například dálkové bezdrátové zapínání/vypínání přístrojů pro osvětlování, stahování rolet, odmykání a otvírání dveří. Také ZigBee zvládá programování a ovládání spotřebičů jako televize, DVD rekordér, HIFI systém, klimatizace. [16]

Další příklady aplikací

- Zdravotní péče - monitorování pacienta
- Sport - monitorování tělesných funkcí za pohybu (teplota, tep, tlak apod.)

- Bezdrátová komunikace počítačových periférií - klávesnice, myš apod.
- Zabezpečovací systémy - chipové přístupové karty, bezdrátové klávesnice, senzory apod.

Tab. 1 Porovnání základních parametrů standardů pro bezdrátovou komunikaci, převzato z [16]

Obchodní jméno Standard	GPRS/GSM 1xRTT/CDMA	Wi-Fi™ 802.11b	Bluetooth™ 802.15.1	ZigBee™ 802.15.4
Aplikační zaměření	Široké oblasti Hlas & Data	Web, Email, video	Náhrada za kabel	Monitorování & Řízení
Systémové zdroje (paměť)	16 MB a více	1 MB a více	250 KB a více	4 KB – 32 KB
Životnost baterie (dny)	1 - 7	0.5 - 5	1 - 7	100 - 1 000 i více
Přenosová rychlost (Kb/s)	64 - 128	11 000	720	20 - 250
Komunikační dosah (m)	1 000 a více	1 - 100	1 - 10	1 - 100
Max. velikost sítě (počet uzlů/sít)	1	32	64	65 000 (příp. až 2^{64})
Výhody	Dosažitelnost, Kvalita	Rychlost, Flexibilita	Cena, Jednoduchost	Spolehlivost, Výkon, Cena

3 RF MODULY PRACUJÍCÍ NA FREKVENCI 433/866 MHz

V této části bude vysvětlen princip a způsob přenosu digitálních dat RF modulů pracujících na frekvenci 433/866 MHz. Také si přiblížíme podmínky rádiového přenosu ISM pásma pro ČR. U vybraných modulů ověříme kvalitu signálu a přenosovou vzdálenost informací.

3.1 RF moduly

Rádiové moduly jsou zařízení pro bezdrátový přenos dat pomocí radiových vln. Můžeme je dělit podle funkce na vysílače, přijímače, nebo sdružená zařízení takzvané transceivery. Rádiové moduly můžeme dělit dle pracovního kmitočtu, typu použité modulace a mnoha dalších kritérií. V dnešní době je na trhu k dispozici nepřeberné množství těchto modulů, od těch nejjednodušších, které jen modulují vstupní signál na nosnou vlnu přes moduly s vyrovnávací pamětí, až k inteligentním modulům které umožňují sledování síly signálu a komunikaci s mikrokontrolérem.

Tyto moduly většinou zajišťují jednosměrnou komunikaci, tedy od vysílače k přijímači. Vysílací i přijímací moduly obsahují krystal pro tvorbu nosné frekvence.

Dosah přenášení je ovlivněn okolním rušením a překážkami. V nerušeném prostředí (bez elektromagnetických vlivů) mohou mít dosah až 200 m, ovšem jelikož takovéto podmínky nejsou nikdy zajištěny, je spolehlivý dosah kolem 100 m.

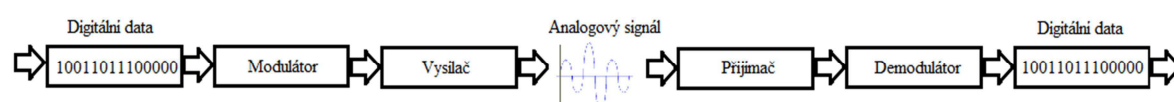
RF moduly nejde nahradit přenos dat drátových linek, jelikož nedokáží přenášet trvale hodnotu logické 1. Toto přináší komplikace při konstrukci zařízení a tak znemožňuje prosté využití komunikačních periférií, jako například USART u některých mikrokontrolérů, nebo potřebu použití modulátoru a demodulátoru.

Představují konstrukční jednoduchost, rozmanitost velikosti modulů, poměrně nízký odběr, spolehlivost závislou na prostředí a snesitelný poměr cena/výkon do 150,- Kč za jeden pár (přijímač a vysílač).

3.2 Jednosměrná bezdrátová komunikace RF modulů

Tato komunikace zajišťuje pouze jednosměrný příjem digitální informace veškerým RF přijímačům, které jsou v dosahu RF vysílání.

Principem digitálního bezdrátového přenosu je vyzařování upraveného analogového sinusového signálu do prostoru. Tento signál obsahující digitální informaci je z prostoru přijímán spolu s elektromagnetickým šumem prostředí a následně demodulován na digitální data, viz Obr. 3. Proto je kladen důraz na demodulátor, který musí odrušit šum od signálu s digitální informací.



Obr. 3 Bezdrátový přenos digitálních dat

RF moduly a analogový přenos digitálních dat

Jelikož RF moduly využívají pro přenos digitálních dat digitál/analog modulaci, tak si přiblížíme principy a typy digitálních modulací. [14]

Digitální modulace je specifický způsob ovlivňování jedné z charakteristik analogového harmonického (sinusového) signálu založená na digitálním signálu. Tedy je možné ovlivňovat amplitudu, frekvenci a fázi nosné vlny na základě modulačního digitálního signálu. Specifickým názvem tohoto způsobu je klíčování (Shift Keying).

Rozdělení základní digitální modulace

- amplitudové klíčování – ASK (Amplitude Shift Keying)
- frekvenční klíčování – FSK (Frequency Shift Keying)
- fázové klíčování – PSK (Phase Shift Keying)

ASK modulace

Jako modulační signál používá digitální kód reprezentovaný dvěma logickými stavy, kde $\log 0 = 0 \text{ V}$ a $\log 1 = 3,3 \text{ V}$. Dále potřebuje nosnou vlnu, která má harmonický sinusový průběh o frekvenci dle užitého krystalu v RF modulu. Logická úroveň pak má za následek přítomnost nosné frekvence ($\log 1$), resp. nepřítomnost nosné frekvence ($\log 0$).

ASK modulace, viz Obr. 4, představuje signál s nebo bez nosné frekvence v závislosti na modulačním signálu. Tato modulace se sice vyznačuje svou jednoduchostí, ale také je citlivá na rušivá napětí (šum) při demodulaci. Demodulace je stanovena na základě rozhodování přítomnosti či nepřítomnosti sinusoidy v daném časovém intervalu. Tato modulace se především využívá při přenosu digitálních dat přes optické vlákno.

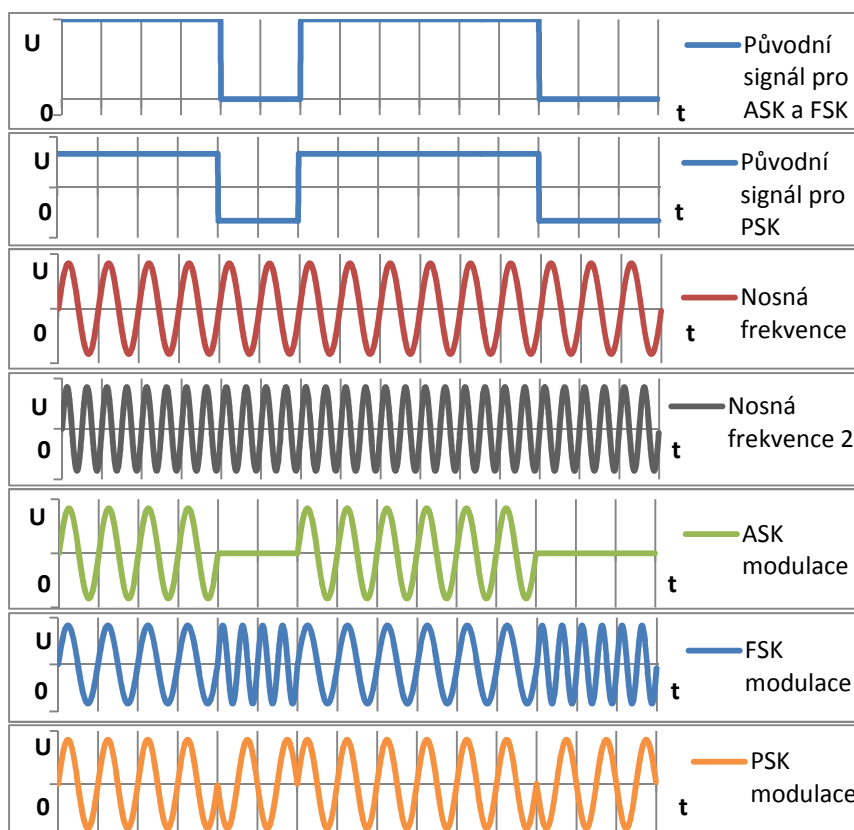
FSK modulace

Tato modulace, viz Obr. 4, využívá dvojici nosných signálů s harmonickým sinusovým průběhem o různých frekvencích f_1 a f_2 , kde logická nula odpovídá v modulačním signálu frekvenci f_2 , logická jednička frekvenci f_1 . Modulátor je pak v podstatě přepínač, který je řízen modulačním signálem a přepíná na výstup dva oscilátory s frekvencí f_1 a f_2 . Modulace FSK má menší citlivost na rušivá napětí oproti ASK modulaci, neboť demodulátor vyhledá konkrétní změny frekvence v daném čase a napěťové špičky (šum) mohou být ignorovány. Využívá se pro dálkové vysokofrekvenční rádiové přenosy v armádě, tísňových systémech a telefonních linkách.

PSK modulace

Využívá fázové klíčování, které je založené na změně okamžité fáze nosného harmonického sinusového signálu v závislosti na referenčním modulačním signálu. Takzvaně referenční modulační signál o digitální úrovni 0 je přenášen jako signál se stejnou fází, která byla použita u předešlého bitu (nedochází ke změně fáze), ovšem modulační signál o digitální úrovni 1 je přenášen jako signál s fázovým posunem 180° oproti předcházejícímu signálu (digitální úrovni).

PSK modulace, viz Obr. 4, má dobrou odolnost proti rušení, nízké nároky na šířku frekvenčního pásma, má složitější demodulátor než ASK a FSK, neboť musí určit fázi přijímané sinusoidy s ohledem na výskyt referenční fáze.



Obr. 4 Grafické znázornění modulací (ASK, FSK, PSK)

3.3 Manchester kódování / diferenciální Manchester

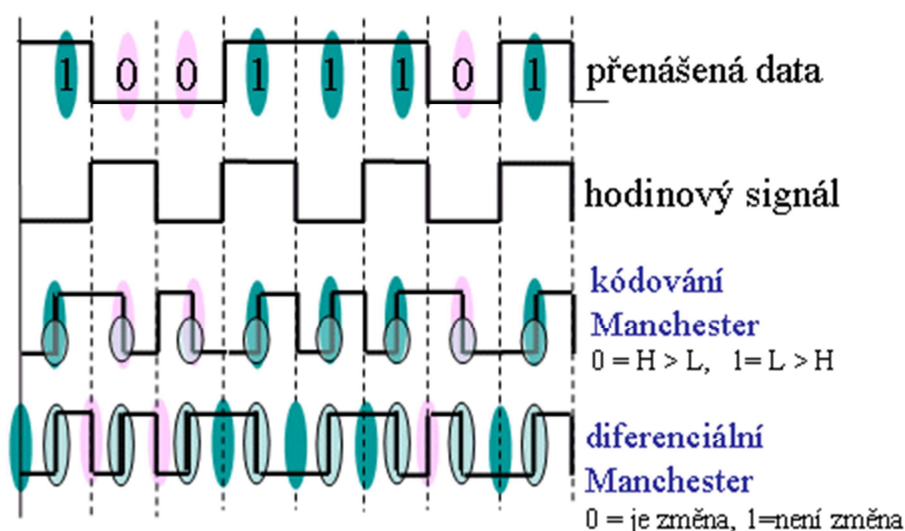
Obecně jde o synchronní přenos dat, který je řízený hodinovým signálem. Každé přenášené logické úrovni případnou dvě změny přenášeného signálu. [4]

Manchester kódování

Obr. 5, zakóduje digitální úroveň (log 0) na signál o intervalu, který přechází z vysoké úrovně na nízkou úroveň. Pokud signál přechází z nízké úrovně na vysokou úroveň, jedná se o zakódovanou digitální úroveň (log 1).

Diferenciální kódování Manchester, viz

Obr. 5, rozděluje původní digitální signál na intervaly. Digitální úroveň (log 1) se zakóduje tak, že první polovina intervalu je stejná jako druhá polovina předchozího intervalu (na začátku intervalu tedy nedochází k přechodu). Digitální úroveň (log 0) se zakóduje tak, že první polovina intervalu je opačná než druhá polovina předchozího intervalu (na začátku intervalu dochází k přechodu). Uprostřed intervalu dochází vždy k přechodu, nezávisle na tom, zda se jedná o log 0 nebo 1.



Obr. 5 Kódování Manchester a diferenciální Manchester, převzato z [4]

3.4 Měření na modulech XY-FST a XY-MK-5V

Proměřením těchto modulů si ověříme jejich schopnost, kvalitu, kmitočtové pásmo, odezvu a výkon přenášeného obdélníkového průběhu.

Popis RF modulů (XY-FST a XY-MK-5V)

Tento typ vysílače a přijímače, viz obr. 3, je nejčastěji používán v systémech dálkového ovládání, které používají rádiové frekvence o kmitočtech 315/330/433 MHz. Záleží tedy na použitém pilovém krystalu, který je naladěn na danou frekvenci s tolerancí < 1 MHz. Přenos digitálního signálu je zajištěn dle ASK modulace, tedy k vysílání pilového signálu na dané frekvenci krystalu, dojde pouze s přivedením SS napětí o velikosti < 5 V na vstupní datový pin vysílače. Přijímač pak má za úkol přiřadit SS napětí na výstupní pin data, právě při příjmu pilového signálu s danou frekvencí krystalu.

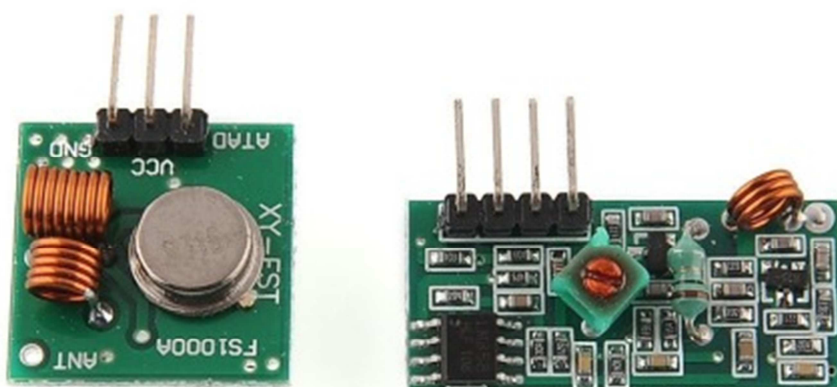
Specifikace vysílače [13]

- Model: FS1000A
- Frekvence: 433,92 MHz
- Vysílací výkon: 20 mW (5 V DC)
- Příkon při vysílání: 4 mA (5 V), 15 mA (9 V)
- Příkon bez vysílání: 10 uA
- Přenosová vzdálenost: od 20 m do 200 m (v závislosti na napětí)

- Napětí: 3,5 V - 12 V
- Rozměry: 22 mm x 22 mm x 8 mm
- Typ modulace: ASK
- Piny: data, VCC a GND

Specifikace přijímače [13]

- Frekvence: 433,92 MHz
- Model: XY-MK-5V
- Napětí: 3 V – 5 V DC
- Příkon: <4 mA
- Citlivost: -105 dbm (50 Ω)
- Rychlost čtení: <5 Kbps
- Anténa: 24 cm (433 MHz)
- Rozměry: 13 mm x 32mm x 8mm
- Typ modulace: ASK
- Piny: Vcc, data, data, GND



Obr. 6 RF moduly (XY-FST a XY-MK-5V)

Postup měření na RF modulech

Z blokového zapojení, viz obr. 4, si můžeme všimnout, že vysílač XY-FST byl buzen 4V obdélníkovým průběhem z generátoru (METEX MS-9150). Vysílací modul tento signál moduloval a vysílal jej do prostoru. Přijímač XY-MK-5V přijímal signál ze vzdáleného vysílače, jenž demoduloval a přenesl signál na piny s označením data. Osciloskop (TEKTRONIX MSO-2024) takto data snímal. Moduly byly napájeny 5V a měly drátovou prutovou anténu.

Výpočet prutové antény – Byla zvolena prutová anténa, která má oproti smyčkovým či spirálovým anténám nejlepší celkové chování, tedy jednoduché provedení, dobrý rozsah, dostatečující odolnost proti okolnímu rušení. Délka prutové antény pro frekvenci 433 MHz byla určena vztahem čtvrtvlnný pahýl. Tento vztah používá vlnovou délku, která se vypočítá jako poměr rychlosti světla ve vakuu a frekvence přenosu. [15]

Výpočet

$$\lambda = c/f = 300/433 = 0,6928 \text{ [m]}$$

Kde: λ - vlnová délka [m]

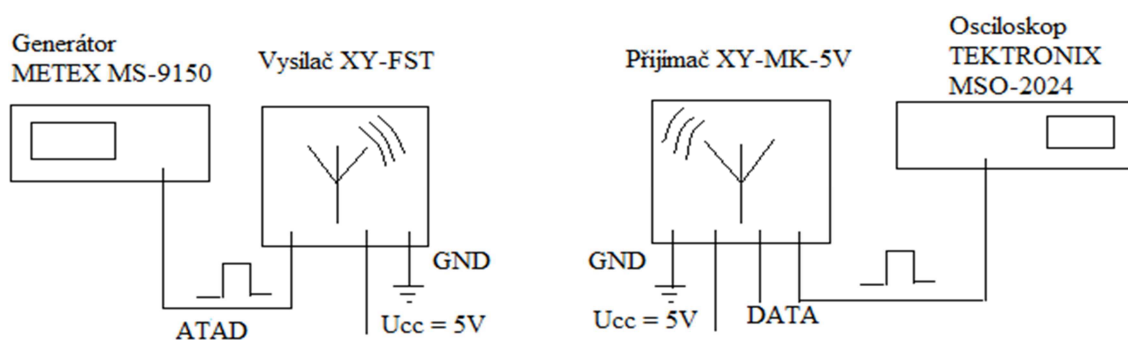
c - rychlost světla ve vakuu [$10^3 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

$$\lambda/4 = 0,691/4 = \text{cca } 0,1732 \text{ [m]}$$

f - frekvence [MHz]

$\lambda/4$ - čtvrtvlnný pahýl = délka antény

Délka prutové antény pro frekvenci 433 MHz je tedy rovna 17,32 cm.

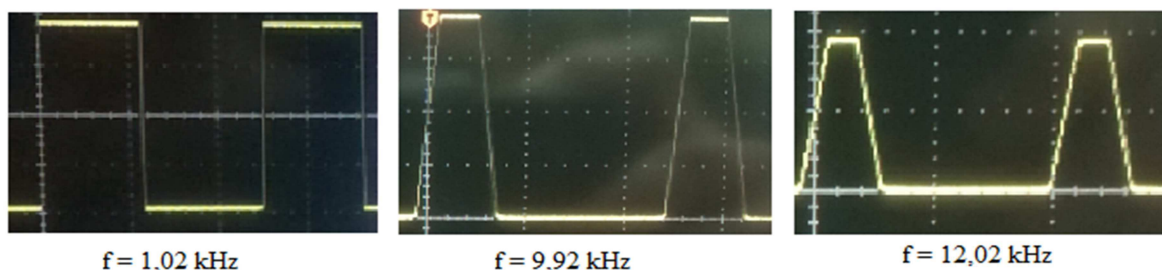


Obr. 7 Blokové zapojení modulů

Při měření byl přenášén obdélníkový průběh o různém kmitočtu. Z měření bylo zjištěno, že přenášené kmitočtové pásmo obdélníkového průběhu u těchto modulů je do 12 kHz, neboť po zvýšení generujícího kmitočtu jsou hrany obdélníkových pulsů nepřesné, dokonce dojde ke ztrátě průběhu. K útlumu signálu také docházelo při průchodu člověka mezi moduly, tento útlum byl znatelný a narůstal u kmitočtů nad 1 kHz. Také docházelo ke zpoždění pulsů, které bylo způsobeno rozpoznávací schopností vysílacího RF modulu. Posledním poznatkem byla nepřesnost náběžných a sestupných hran obdélníkového signálu, která se zvyšovala se vzrůstajícím kmitočtem. Naměřené hodnoty a průběhy jsou zapsány a vykresleny v tabulce a grafech níže, viz Tab. 2 a Obr. 8.

Tab. 2 Tabulka naměřených hodnot

Kmitočet generátoru [kHz]	Kmitočet na přijímači [kHz]	Perioda generátoru [μ s]	Perioda na přijímači [μ s]	Kvalita pulsu
1,02	0,99	1 000,02	1 000,00	chvalitebná
9,92	9,96	100,8	100	dobrá
12,02	12,03	83,2	83,1	dostačující



Obr. 8 Grafické znázornění naměřených pulsů

3.5 RF MODULY V ISM PÁSMU

Jelikož RF moduly používají rádiový přenos dat, musel jsem dodržet podmínky o všeobecném oprávnění č. VO-R/10/05.2014-3, k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení krátkého dosahu. Jelikož tuto skupinu zařízení dováží mimoevropské země (USA, jihovýchodní Asie atp.), za pomoci individuálního dovozu, nebo některými distributory, zásobujícími nejčastěji stánky, tržnice či internetové obchody, dochází většinou k neoprávněnému užívání kmitočtových pásem. Ověřil jsem si proto při koupi RF modulů údaje o možnostech provozování v ČR, aby nedocházelo k neoprávněnému rušení. Rozdělení využívání kmitočtových pásem v ČR pro zařízení krátkého dosahu, viz Tab. 3. [2]

Tab. 3 Využívání kmitočtových pásem v ČR pro zařízení krátkého dosahu, převzato z [2][2]

Kmitočtové pásmo	Využití pásma
27 MHz	Provozování je možné podle VO-R/10/05.2014-3.
49 MHz	Provozování není přípustné (zařízení ruší rozhlasovou službu a necivilní aplikace).
230–400 MHz	Pásmo je vyhrazeno pro účely obrany státu – žádný civilní provoz není přípustný.
433 MHz	Provozování je možné podle VO-R/10/05.2014-3. (pouze přenos dat; bezdrátová sluchátka nejsou povolena).

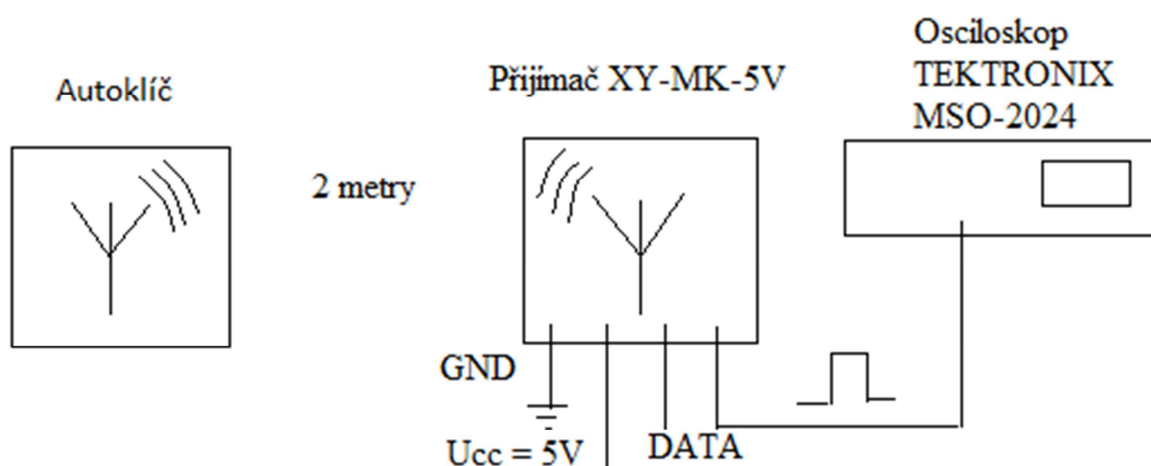
Kmitočtové pásmo	Využití pásma
470–789 MHz, 823–832 MHz	Provozování bezdrátových mikrofونů je možné podle VO-R/10/05.2014-3. (V úseku 694–789 MHz možné omezení v dlouhodobém výhledu.)
789–823 MHz, 832–862 MHz	Provozování bezdrátových mikrofونů není od 1. 1. 2013 povoleno.
863–865 MHz	Provozování akustických aplikací je možné podle VO-R/10/05.2014-3.
868–870 MHz	Provozování je možné podle VO-R/10/05.2014-3.
870–960 MHz	Pásmo provozu mobilních telefonů (GSM) – provozování jiných aplikací není přípustné.
1,2 GHz	V Evropě není možné pro zařízení krátkého dosahu využívat.
1785–1800 MHz	Nové pásmo uvolněné podle VO-R/10/05.2014-3. pro bezdrátové mikrofony.
2,4 GHz	Provozování (RLAN, RFID, zařízení krátkého dosahu) je možné podle VO-R/12/09.2010-12 nebo VO-R/10/05.2014-3.

4 ANALÝZA KOMUNIKAČNÍHO PROTOKOLU

V této části byly uskutečněny příjmy dat či kódů z RF zařízení inteligentní domácnosti pomocí přijímacího RF modulu. Také byl uskutečněn příjem plovoucího kódu autoklíče. Získaná data či kódy byly následně zpracovány, vyhodnoceny, sestrojeny do grafů. Na závěr měření vždy bylo provedeno vyhodnocení.

4.1 Příjem a analýza plovoucího kódu autoklíče

Plovoucí kód autoklíče byl přijímán pomocí RF přijímače XY-MK-5V. Data z přijímače byla zaznamenána v rádiové digitální podobě osciloskopem (Tektronix MSO 2024), viz Obr. 9.

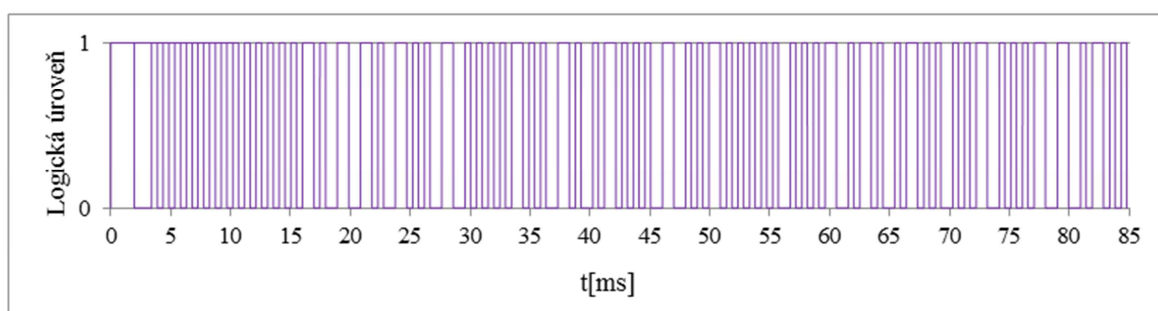


Obr. 9 Blokové zapojení měření plovoucího kódu autoklíče

Přenášená data technologie KeeLoq - Májí velikost 66 bitů. Můžeme je rozdělit na dvě části a to na 34 bitovou nešifrovanou statickou část (2 status bity, 4 bity určující stav tlačítek a 28 bitů posloupnosti RNG) a na 32 bitovou šifrovanou dynamickou část (4 bity určující stav tlačítek, 2 bity přetečení, 10 volných bitů a 16 bitů pořadového čísla). [7]

Analýza kódu

Při analýze naměřených dat a při vyhotovení grafu v prostředí MS-Excel, bylo zjištěno, že se klíč skládá ze 4 časově odlišných pulsů, viz Tab. 4, které tvoří statickou a dynamickou část plovoucího kódu. Úvodní impuls vysílání byl zanedbán. Jelikož se kód skládal z 68 impulsů, nebyli jsme schopni potvrdit, že se jedná o plovoucí kód technologie KeeLoq. Tento kód nebudu používat pro návrh RF zařízení. Měřený plovoucí kód je zaznamenaný v digitální podobě na Obr. 10.



Obr. 10 Digitální záznam plovoucího kódu

Tab. 4 Tabulka odečtených hodnot z grafu

Počty impulsů kódu			Úroveň impulsu	Varianty impulsů v kódu			
				1	2	3	4
celková část	statická část	dynamická část	Horní	Krátká	Krátká	Dlouhá	Dlouhá
68	32	35	Dolní	Krátká	Dlouhá	Krátká	Dlouhá

4.2 Příjem kódu nástěnného vysílacího tlačítka ELKO-EP

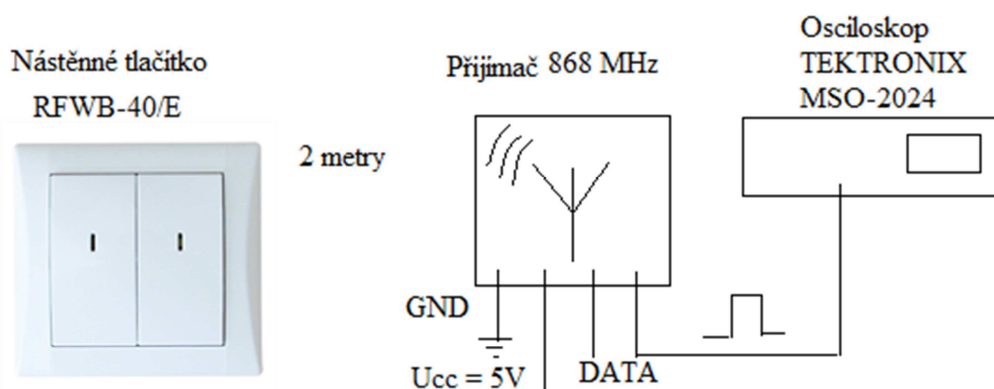
Pro měření bylo použito nástěnné vysílací tlačítko označované jako RFWB-40 od značky ELKO-EP. Toto nástěnné tlačítko, viz Obr. 11, slouží jako bezdrátový RF vysílač na ovládání RF přijímacích spínačů a stmívačů (světelných, závor, vrat, žaluzií atd.). Pomocí obousměrného komunikačního protokolu iNELS RF Control pracujícího na frekvenci 868 MHz, je zajištěna jednosměrná komunikace mezi přijímačem a vysílačem, přičemž vysílač vysílá jedinečný kód obsahující informaci pro přijímač.

Specifikace zařízení

- Ploché provedení s rovnou základnou jej předurčuje k rychlé instalaci na jakýkoliv povrch (nalepením nebo našroubováním na instalační krabici)
- Po stisku tlačítka vysílá nastavený povel (ON/OFF, stmívání, časové vypnutí / zapnutí, vytažení / zatažení)
- Vyslání povelu je indikováno červenou LED
- 4 tlačítka umožňují ovládat nezávisle na sobě 4 prvky
- Možnost nastavení scén, kdy jedním stiskem ovládáte víc prvků iNELS RF Control
- Bateriové napájení (3V/CR2032) s životností cca 5 let (součástí balení)
- Dosah 200m (volné prostranství), v případě nedostatečného signálu mezi ovladačem a prvkem použijte opakovač signálu RFRP-20
- Komunikační frekvence 868 MHz s obousměrným protokolem iNELS RF Control

Popis měření

Po zapojení dle Obr. 11 bylo provedeno měření kódu nástěnného vysílacího tlačítka RFWB-40/E. Tento kód se ovšem nepodařilo zachytit. Důvodem zřejmě bylo příliš velké rušení v měřené místnosti nebo nekompatibilní modulace zařízení s naším přijímacím modulem. Proto bylo rozhodnuto, že se bude měřit další zařízení.



Obr. 11 Blokové zapojení měření kódu nástěnného vysílacího tlačítka RFWB-40/E

4.3 Příjem kódu vysílače Elektrobock

Měřené zařízení, viz Obr. 12, označované jako WS111 je bezdrátová klíčenka značky Elektrobock. Tato klíčenka vysílá 4 jedinečné kódy přes RF signál a používá se ve spojení s přijímacími jednotkami řady WS, které mají schopnost zapamatovat si tento kód.

Specifikace zařízení

- Napájení alkal.bat. 11 A / 6 V s životností cca 2 roky (součástí balení)
- Vysílací výkon < 5 mW
- Vyslání povelu je indikováno červenou LED
- Po stisku tlačítka vysílá nastavený povel (ON/OFF, časové vypnutí / zapnutí)
- 4 tlačítka umožňují ovládat nezávisle na sobě 4 prvky
- Komunikační frekvence 433,92 MHz
- Typ modulace ASK

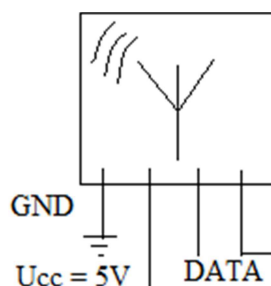
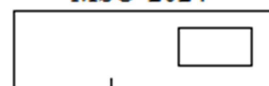
Popis měření

Po zapojení dle Obr. 12 bylo prováděno měření kódu bezdrátové klíčenky WS111. Toto měření bylo úspěšné a podařila se zaznamenat potřebná data pro analýzu kódu. Naměřené kódy bezdrátové klíčenky jsou vyobrazeny na obr. 13.

Bezdrátová
klíčenka WS111

2 metry

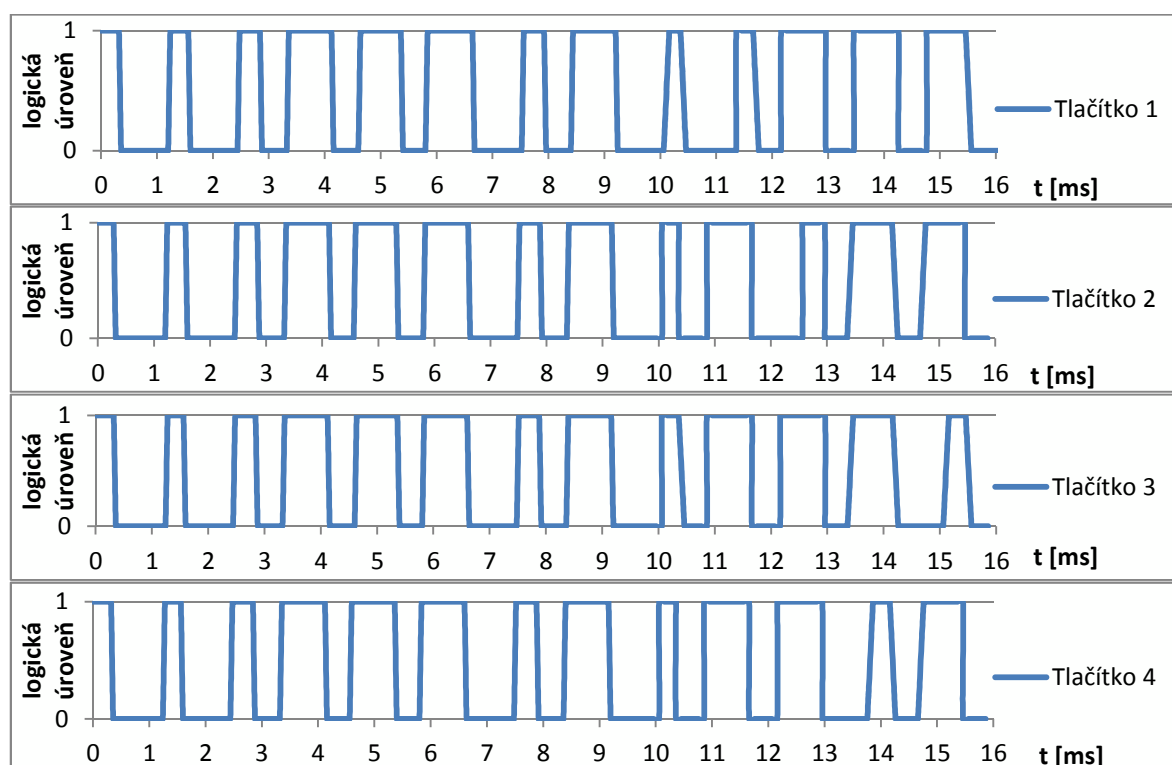
Přijímač XY-MK-5V

Osciloskop
TEKTRONIX
MSO-2024

Obr. 12 Blokové zapojení bezdrátové klíčenky WS111

Analýza kódu

Analýzou kódu v prostředí MS-Excel bylo zjištěno, že se kód vždy skládá ze 13 impulsů, viz Obr. 13. Impulsy mají 4 varianty jak u technologie KeeLoq, přičemž krátké úrovně pulsu trvají 0,4 ms a dlouhé úrovně pulsu trvají 0,8 ms. Každé tlačítko klíčenky představovalo kód s totožnou částí impulsů a to o počtu 9 impulsů, poté se zbylé 4 impulsy měnily. Celkově se kód přibližoval Manchester kódování a Diferenciálnímu Manchesteru.



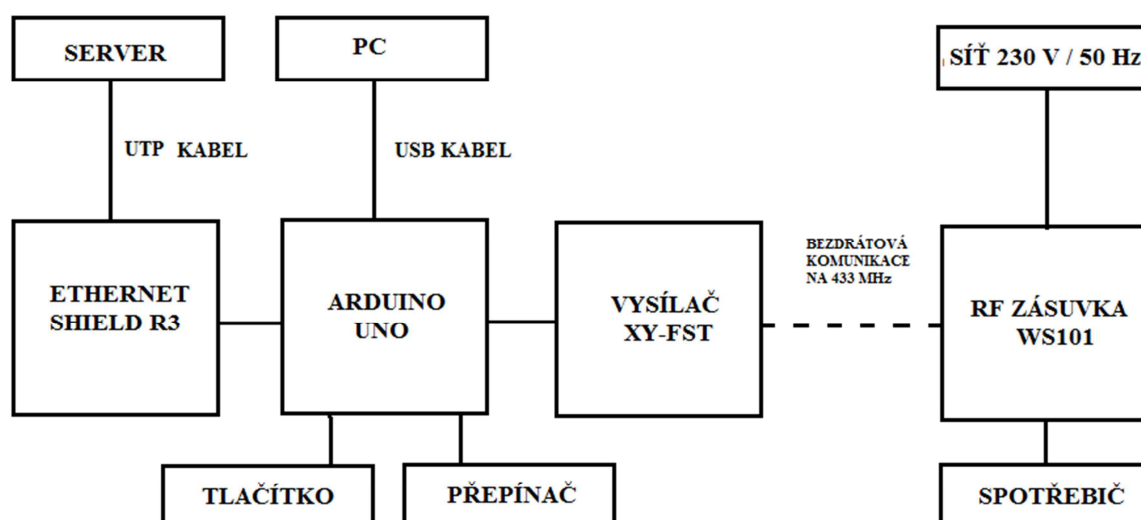
Obr. 13 Grafické znázornění vyslaných kódů bezdrátovou klíčenkou WS111

5 OVLÁDÁNÍ INTELIGENTNÍHO ZAŘÍZENÍ

Jelikož spousta modulů inteligentní domácnosti umožňuje pevně danou, naprogramovanou funkci, jež nelze volně přeprogramovat, upravovat, modifikovat o další a další inteligentní funkce domu, tak se budeme v této části zabývat návrhem takového programovatelného RF zařízení. Uplatnění zařízení v inteligentní domácnosti může být různé, například dálkové ovládání světel v domě, dálkové ovládání garážových vrat, nebo časově řízené spínání kotle, elektrických topných těles či světel.

5.1 Komponenty zařízení

Zařízení bylo sestaveno z uživatelsky programovatelné vývojové desky Arduino UNO, Ethernet shieldu W5100 R3, osazeného Arduino prototyp shieldu, RF modulů (XY-FST a XY-MK-5V) a RF zásuvky WS101, viz Obr. 14.



Obr. 14 Blokové zapojení zařízení

Popis funkce

Do desky Arduino UNO byl zasazen Ethernet shield W5100 R3 a Arduino prototyp shield s RF moduly (XY-FST a XY-MK-5V). Ethernet shield zajišťuje komunikaci s uživatelem pomocí webové stránky. Webová stránka obsahuje okno pro přepínání stavu RF zásuvky WS101. Mimo to Arduino kontroluje stav přepínače, jenž umožňuje zapínat či vypínat webovou stránku. Po vypnutí webové stránky lze přepínat RF zásuvku WS101 pomocí tlačítka. Aby se zajistilo vysílání kódu z RF vysílače (XY-FST) na RF zásuvku WS101, byla přiváděna sekvence impulsů na vstupní pin data RF vysílače (XY-FST). Ta musí být totožná s analyzovaným kódem klíčenky WS111, viz kapitola 5.2.

5.1.1 Vývojová deska

Raspberry Pi

Je jednočipový počítač, který obsahuje rozhraní HDMI (pro monitor), USB (pro klávesnici a myš), RJ-45 (pro Ethernet) a mikroprocesor (z rodiny ARM). Na rozdíl od mikropočítače Arduino je možné Raspberry Pi použít nejen k ovládání různých zařízení, ale i k samotnému vývoji příslušných aplikací, přičemž programování probíhá především v operačních systémech Linux. Lze ho též použít jako multimediální přehrávač videa a hudby nebo i jen pro přístup k Internetu přes Ethernet. Tento počítač nebude použit v zařízení.

Arduino

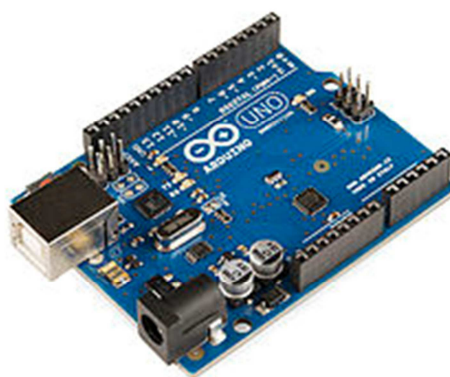
Desky Arduino jsou mikropočítače, které obsahují osmi-bitové mikrokontroléry z rodiny AVR od firmy Atmel a množství dalších podpůrných obvodů. Každá deska má většinu I/O piny přístupné přes patice, do kterých se jednoduše připojují další obvody či rozšiřující shieldy. Desky obsahují několik diod, resetovací tlačítko, konektory pro ICSP programování, napájecí konektor, oscilátor a obvod zprostředkovávající komunikaci po USB. Programátor musí desku programovat takzvaně od nuly.

Vývojové prostředí Arduina (Arduino IDE) sestává z textového editoru pro psaní kódu, prostoru pro zprávy, textové konzole, lišty s příkazy pro běžné funkce a řadu nabídek. Připojuje se na hardware Arduina, nahrává programy a komunikuje s nimi. [1]

Arduino UNO - Tato vývojová deska, viz Obr. 15, je modulově rozšiřitelná a umožňuje nahrávat kód z vývojového prostředí (IDE) přes USB rozhraní, a to z operačních systémů Windows, Mac OS X a Linux. Tato deska bude použita v zařízení.

Specifikace desky

- Mikrokontrolér: ATmega328P
- Pracovní napětí: 5 V
- Vstupní napětí: 7-12 V
- Digitální I/O piny: 14 z toho 6 pro PWM výstup
- Analogové vstupní piny: 6
- PWM Digitální I/O piny: 6
- DC proud na I/O piny: 20 mA
- Flash paměť: 32 KB z toho 0,5 KB využito pro bootloader
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Krystal: 16 MHz
- Rozměr: 68,6 mm x 53,4 mm x 10 mm



Obr. 15 Vývojová deska Arduino UNO, převzato z [1]

5.1.2 Ethernet shield R3

Shield je založen na ethernetovém čipu Wiznet W5100, který zajišťuje komunikaci s TCP či UDP. Komunikaci mezi shieldem a síťovým zařízením zajišťuje UTP kabel s koncovkou RJ-45. V současnosti jsou dostupné Ethernet shiely s napájecím modulem (PoE). Použitý Ethernet shield v zařízení je na Obr. 16.

Zapojením ethernet shieldu do Arduina UNA a jejím správným naprogramováním byla získána možnost sledovat a ovládat naše naprogramované funkce přes webovou stránku.

Specifikace shieldu

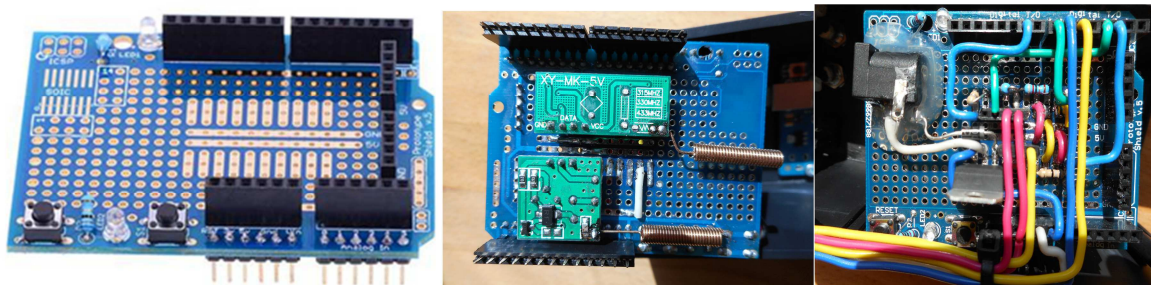
- Pracovní napětí: 5 V (napájeno z desky)
- Ethernet čip: W5100 s vnitřním 16K buffer
- Přenosová rychlost: 10/100Mb
- Spojení s Arduino deskou přes port SPI



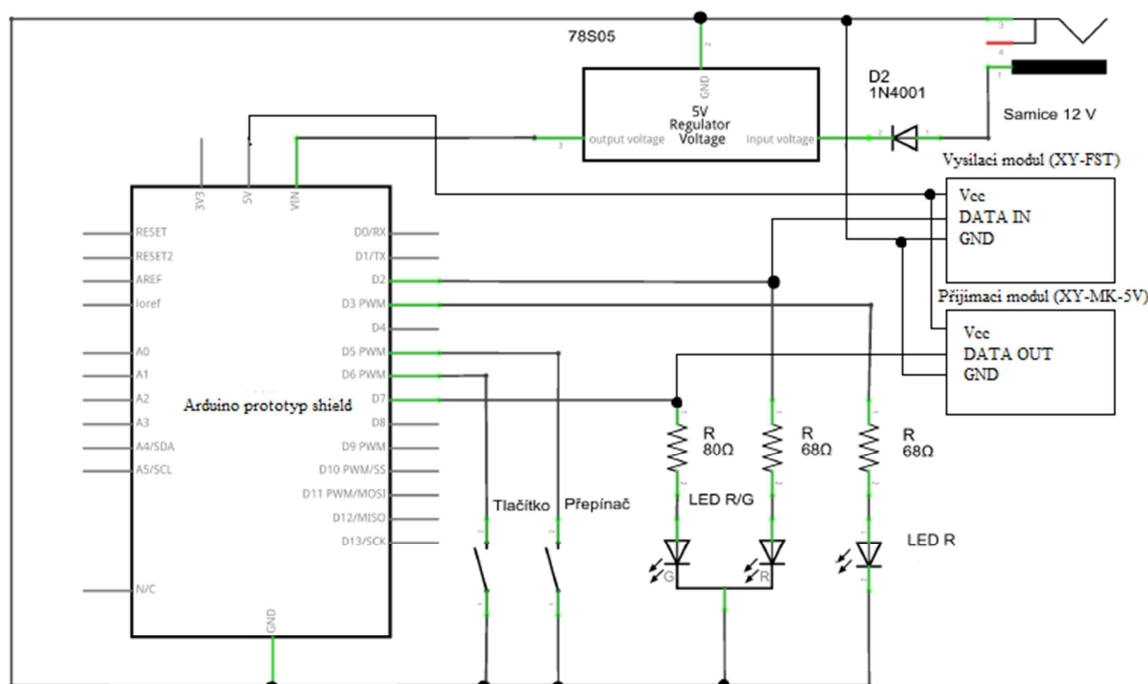
Obr. 16 Ethernet shield R3, převzato z [1]

5.1.3 Arduino prototyp shield

Tento shield byl osazen RF moduly (XY-FST a XY-MK-5V), stabilizátorem 78S05, diodou 1N4007DC, 12 V samicí a ochrannými odpory pro signalizační led diody, viz Obr. 17. RF modulům byly připájeny spirálové anténky pro 433 MHz. Osazení tohoto shieldu a zapojení součástek je řešeno dle schématu, které je zobrazeno na Obr. 18.



Obr. 17 Osazení Arduino prototyp shieldu



Obr. 18 Schéma zapojení součástek do Arduino prototyp shieldu

5.1.4 RF zásuvka WS101

Jedná se o bezdrátově řízenou zásuvku 230 V / 50 Hz, která obsahuje přijímač digitálních rádiových vln o frekvenci 433,92 MHz. Dále obsahuje unikátní systém samoučení kódu pro zapamatování vyslaného kódu z kompatibilního RF vysílače (klíčenky WS111). Zásuvka WS101, viz Obr. 19, pracuje ve třech režimech a uplatňuje se při spínání oběhových čerpadel, v zavlažovacích systémech či osvětlení v domácnosti.

- Režim MKO (zapnutí a vypnutí jedním tlačítkem)
- Režim BKO (zapnutí jedním tlačítkem a vypnutí druhým tlačítkem)
- ČASOVAČ (zapnutí jedním tlačítkem - následné časování - automatické vypnutí)

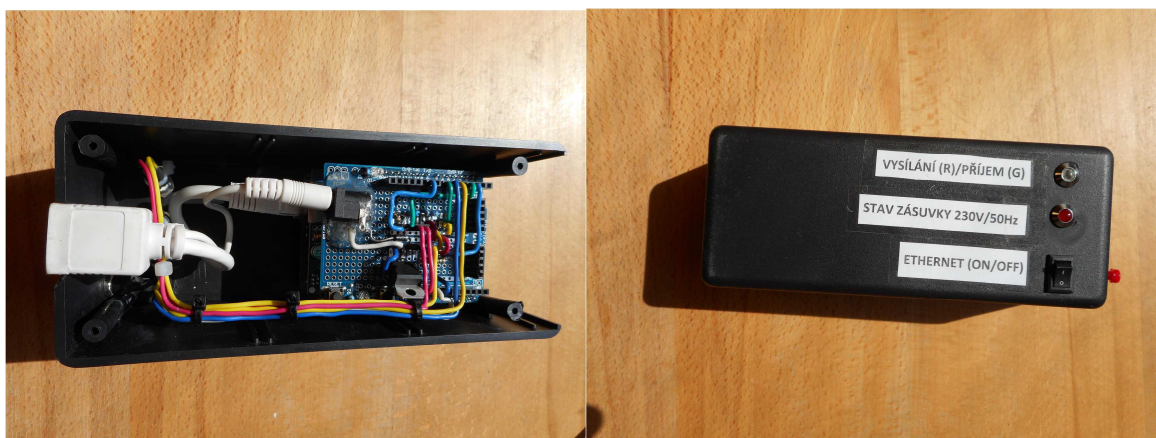


Obr. 19 Zásuvka WS101

V mém zařízení je RF zásuvka používána v režimu BKO.

5.2 Implementace zařízení do krabičky

V první řadě bylo rozvrhnuto umístění součástek a shieldů v krabičce. Deska Arduino UNO byla pak připevněna do krabičky pomocí šroubů o velikosti M3, které byly zašroubovány i s deskou do přilepených plastových matic. Následně byl zastrčen Ethernet shield R3 a osazený Arduino prototyp shield. Dále byly navrtány a propilovány potřebné díry, do kterých pak byly zastrčeny vodičově propojené součástky s Arduino prototyp shieldem. Na závěr byl přidán kabel UTP a popisky na krabičku. Přes UTP kabel je zajištěno napájení a komunikace zařízení. Jelikož se vnitřní stabilizátor Arduino desky příliš přehříval při napájení 12 V, tak bylo opatřeno zařízení externím stabilizátorem 78S05. Hotové zařízení je na Obr. 20.



Obr. 20 RF zařízení

5.3 Zdrojový kód

Zdrojový kód je vytvořen v software Arduino 1.0.6. Tento software představuje integrované vývojové prostředí (IDE), jež je složeno z celé řady nástrojů pro snadnější programování Arduina. Dále obsahuje různé nabídky například pro výběr typu Arduina, sériové linky, seznam ukázkových příkladů, nebo si můžeme zobrazit zprávu ze sériové linky. Zdrojový kód můžeme psát v jazycích C, C++ a pomocí knihovny Wiring. [1]

Popis zdrojového kódu

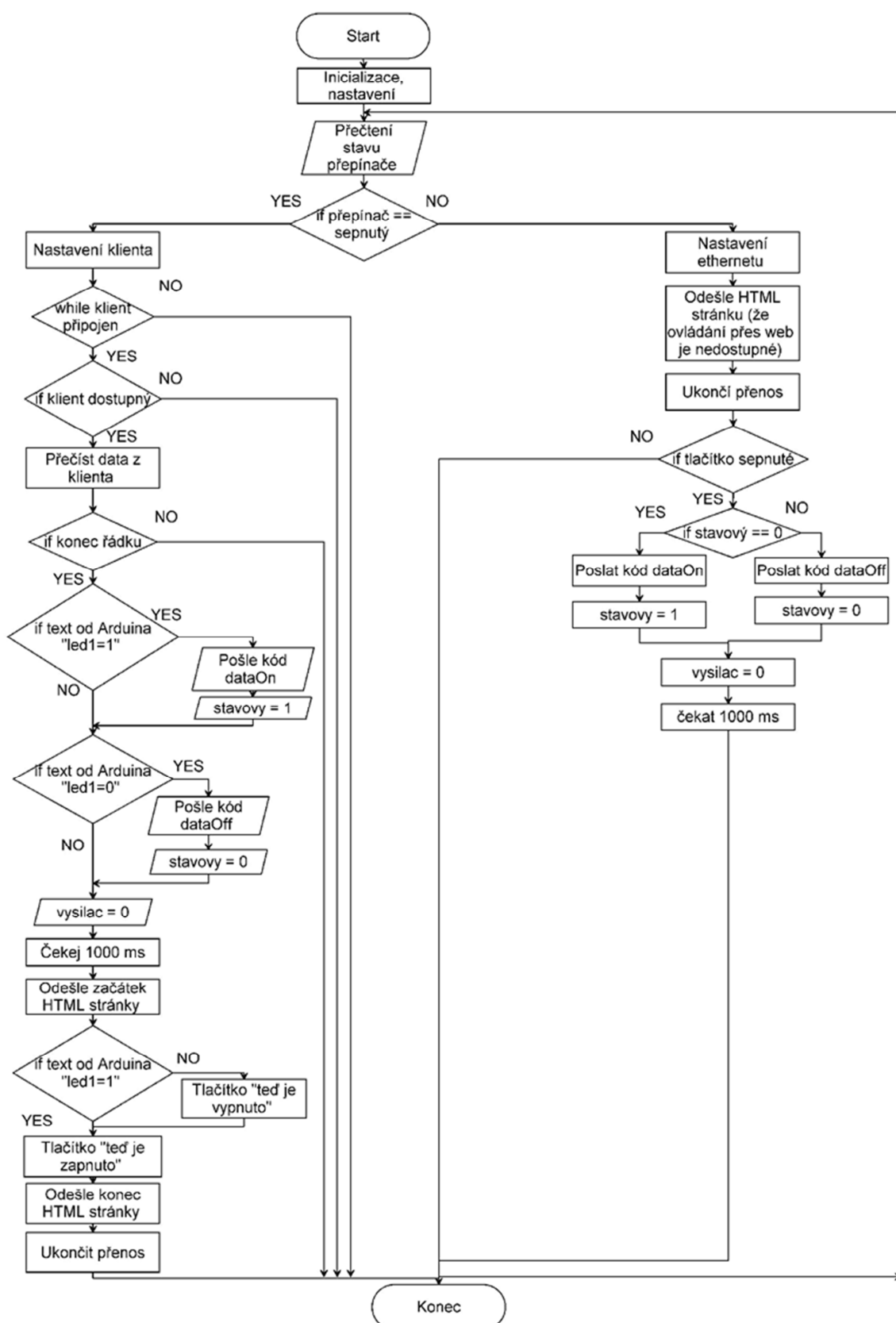
Zdrojový kód obsahuje knihovny (SPI.h, Ethernet.h), pomocí kterých je zajištěna správná funkce Ethernet shieldu R3. Z knihoven jsou především použity příkazy jako: IP Adress, EthernetServer, EthernetClient. Program je srozumitelně okomentován v příloze A (Zdrojový kód). Vývojový diagram zdrojového kódu je zobrazen na Obr. 21.

Kódovací část zdrojového kódu

Je navržena tak, aby zanalyzovaný kód klíčenky WS111 dokázal převést na časované impulsy. Jelikož se kódy klíčenky WS111 skládaly ze 4 časově odlišných impulsů, tak byly převedeny tyto kódy na posloupnost čísel, viz Tab. 5. V kódovacím zdrojovém kódu byla využita posloupnost čísel dvou tlačítek, přičemž posloupnost čísel 3. tlačítka pro vysílání kódu ON a posloupnost čísel 4. tlačítka pro vysílání kódu OFF. Použitím dvou různých kódů byla zajištěna správná funkce a eliminovaly se chyby spínání RF zásuvky WS101.

Tab. 5 Převod digitálního kódu na posloupnost čísel

Úroveň impulsu	Varianty impulsů v kódu												
	1			2			3			4			
Horní	Krátká			Krátká			Dlouhá			Dlouhá			
Dolní	Krátká			Dlouhá			Krátká			Dlouhá			
pozn. krátká = 0,4 ms dlouhá = 0,8 ms													
Tlačítko	Posloupnost variant impulsu												
1.	2	2	1	3	3	4	1	4	2	1	3	3	3
2.	2	2	1	3	3	4	1	4	1	4	1	3	3
3.	2	2	1	3	3	4	1	4	1	3	3	4	1
4.	2	2	1	3	3	4	1	4	1	3	4	1	3



Obr. 21 Vývojový diagram zdrojového kódu

5.4 Webová aplikace RF zařízení

Webová aplikace umožňuje uživateli pouhým kliknutím (na dané okno) přepínat stav RF zásuvky přes HTML stránku (192.168.1.150). Tato stránka může nabývat tří vzhledů, které jsou zobrazeny na Obr. 22, Obr. 23 a Obr. 24.



Obr. 22 Server hlásí stav ON



Obr. 23 Server hlásí stav OFF



Obr. 24 Server není dostupný

6 ZÁVĚR

Cílem práce měl být komunikační, volně programovatelný modul, který by byl zaveden do inteligentní domácnosti, a který by zde zajišťoval digitálním bezdrátovým RF přenosem ovládání inteligentního zařízení.

Bylo prováděno seznamování s aktuálně používanými systémy a protokoly inteligentních domácností. Následně byly podrobně prozkoumány, popsány principy a bezdrátové přenosy modulů pracujících na frekvencích 433/866 MHz. Měřením na RF modulech byla ověřena kvalita signálu v závislosti na kmitočtu. Dále byly prováděny měření na RF zařízeních inteligentní domácnosti a také na RF dálkovém ovládání auta. Po úspěšném měření RF klíčenky z inteligentní domácnosti systému Elektrobock a následné analýze vysílaných kódů touto klíčenkou, byly získány potřebné informace k sestavení vlastního kódovacího programu. Před tvorbou kódovacího programu bylo ještě prováděno seznamování se se základy programování a s vývojovým prostředím Arduino 1.0.6. Odladěný kódovací program byl následně uplatněn ve vlastním programovatelném RF zařízení, pracující na platformě Arduino UNO a RF vysílacím modulu XY-FST. Toto zařízení bylo dále rozšířeno o Ethernet shield R3, pomocí kterého je zajištěna webová aplikace. V konečné fázi bylo zařízení zabudováno do krabičky.

Zařízení bylo naprogramováno tak, aby plnilo dvě funkce v závislosti na stavu přepínače. Je-li přepínač v sepnutém stavu, tak lze ovládat RF zásuvku WS101 přes webovou aplikaci. Je-li přepínač v rozepnutém stavu, tak lze ovládat RF zásuvku přes tlačítko. Zařízení by mohlo být užito k bezdrátovému ovládání interních či externích elektrických spotřebičů v domě na vzdálenost do 30 m, přičemž nesmí být prostředí příliš zahlceno elektromagnetickým rušením. V průmyslovém prostředí by zařízení mohlo vykazovat nespolehlivost.

Rozšířením zařízení o přijímací RF modul XY-MK-5V bylo úspěšné. Samotné řešení příjmu bylo složitější oproti vysílání a docházelo při něm k velkému šumu.

V dalším řešení práce by se mohl zprovoznit příjem a zařízení by se mohlo rozšířit o snímač teploty vody (v elektrickém bojleru), a pomocí webové aplikace sledovat aktuální teplotu a uživatelsky nastavovat žádanou hodnotu teploty vody, přičemž spínání elektrické energie do bojleru, by bylo ovládáno přes RF zásuvku.

Použité zdroje a literatura

- [1] ARDUINO: *Arduino Products* [online]. 2016 [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>
- [2] CTU: *Využívání vymezených rádiových kmitočtů* [online]. 2016 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://www.ctu.cz/vyuzivani-vymezenych-radiovykh-kmitoctu>
- [3] DALI: *DALI WORKING PARTY OF ZVEI E.V. DALI* [online]. 2013 [cit. 2016-01-19]. Dostupné z: <http://www.dali-ag.org/>
- [4] eArchiv.cz: *Báječný svět počítačových sítí (seriál, PC World)* [online]. 2005 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/b05/b1100001.php3>
- [5] Elektrobock CZ: *Elektrobock CZ* [online]. 2014 [cit. 2016-01-14]. Dostupné z: <http://www.elektrobock.cz/cs/inteligentni-dum/text.html?id=34#play>
- [6] FIBARO: *Technologie budoucnosti* [online]. 2016 [cit. 2016-01-17]. Dostupné z: <http://www.mojefibaro.cz/system/technologie-z-wawe/>
- [7] FUJDIÁK, Radek. *Demonstrační kit technologie Keeloq* [online]. 2016 [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=42906.
Brno: Vysoké učení technické, 2011.
- [8] JABLOTRON: *Jablotron creating alarms* [online]. 2015 [cit. 2016-01-13]. Dostupné z: <http://www.jablotron.com/cz/alarmy/jablotron-100/jablotron-100.aspx>
- [9] KNX Association: *KNX* [online]. 2013 [cit. 2016-01-18]. Dostupné z: <http://www.knx.org>
- [10] Loxone: *Smart Home Automatio* [online]. 2015 [cit. 2016-01-13]. Dostupné z: <http://www.loxone.com/cscz/start.html>
- [11] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. *Automatizované systémy budov: Sdělovací systémy KNX/EIB,LON a BACnet*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2007, 264 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [12] TEFORA: *Inteligentní automatizace* [online]. 2015 [cit. 2016-01-13]. Dostupné z: <http://www.tefora.eu/home/systemy>
- [13] Vida de Silício: *Robótica e Sistemas Digitais* [online]. 2016 [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: <http://loja.vidadesilicio.com.br/pd-cad95-transmissor-e-receptor-rf-433mhz.html>

- [14] VLAJIC, Natalija. *Analog Transmission of Digital Data: ASK, FSK, PSK, QAM* [online]. 2016 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: http://www.eecs.yorku.ca/course_archive/2010-11/F/3213/CSE3213_07_ShiftKeying_F2010.pdf
- [15] Výprodej součástek: *Vysílač 434 MHz SAW* [online]. 2016 [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: <http://www.hezkyden.cz/shop/vysilac-434-mhz-saw/>
- [16] vyvoj.hw.cz: *Personální elektronika* [online]. 2014 [cit. 2016-01-18]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/>
- [17] Z-Wave Protocol Overview. *Tampereen teknillinen yliopisto* [online]. 2. vyd. 2006 [cit. 2016-01-17]. Dostupné z: http://wiki.ase.tut.fi/courseWiki/images/9/94/SDS10243_2_Z_Wave_Protocol_Overview.pdf

Příloha A**Zdrojový kód**

```
// komentáře

// nahrání knihoven

#include <SPI.h>

#include <Ethernet.h>

// mac adr. přiřazená uživatelem (pozor na totožnost mac. adr. v síti)

byte mac[] = { 0xA4, 0xAD, 0xAE, 0xAF, 0xAE, 0xAD };

// IP adresy

IPAddress ip(192,168,1,150);    // webová stránka pro klienta

IPAddress masc(255,255,255,0); // maska serveru

IPAddress gateway(192,168,1,0); // výstupní brána serveru

EthernetServer server(80); // port

// nastavení datových pinů Arduina

int vysilac = 2; // výstup pro DATA vysílače XY-FST

int stavovy = 3; // výstup pro signalizační led (stav RF zásuvky)

int prepina = 5; // vstup z přepínače

int tlacitko = 6; // vstup z tlačítka

int prijimaci = 7; // vstup z přijímače XY-MK-5V (nebude programově využito)

void setup()

{

  Ethernet.begin(mac,ip,masc,gateway); // inicializace sítě

  server.begin(); // inicializace serveru

  pinMode(vysilac, OUTPUT); // nastavíme pin 2 jako výstup pro vysílač

  pinMode(stavovy, OUTPUT); // nastavíme pin 3 jako signalizace stavu zásuvky

  pinMode(prepina, INPUT_PULLUP); // nastavíme pin 5 pro přepínač Ethernetu

  pinMode(tlacitko, INPUT_PULLUP); // nastavíme pin 6 jako vysílací tlačítko

  Serial.begin(9600); // sériová komunikace po USB
```

```
}

// kódování

int dataOn[] = {2,2,1,3,3,4,1,4,1,3,3,4,1,0}; // sekvence čísel pro ON zásuvky
int dataOff[] = {2,2,1,3,3,4,1,4,1,3,4,1,3,0}; // sekvence čísel pro OFF zásuvky

void PoslatKod(int data[]){
    int i, j;                // proměnné pro cykly
    for(j = 0; j < 10; j++)   // kolikrát opakovat vysílání kódu.
    {
        for(i = 0; i < 14; i++) // délka číselného kódu.
        {
            if(data[i] == 1)    // přiřazení číslu impuls
            {
                digitalWrite(vysilac,HIGH);
                delayMicroseconds(400);
                digitalWrite(vysilac,LOW);
                delayMicroseconds(400);
            };
            if(data[i] == 2){
                digitalWrite(vysilac,HIGH);
                delayMicroseconds(400);
                digitalWrite(vysilac,LOW);
                delayMicroseconds(800);
            };
            if(data[i] == 3){
                digitalWrite(vysilac,HIGH);
                delayMicroseconds(800);
                digitalWrite(vysilac,LOW);
                delayMicroseconds(400);
            };
            if(data[i] == 4){
                digitalWrite(vysilac,HIGH);
```

```
    delayMicroseconds(800);

    digitalWrite(vysilac,LOW);

    delayMicroseconds(800);

    };

    if(data[i] == 0){      // přeruší vysílání kódu

        digitalWrite(vysilac,LOW);

        delay(16);

        };

    };

};

digitalWrite(vysilac,LOW);    // proti havarijním stavům

delay(1000);                  // zpoždění po odvysílání kódů (doba pro přepnutí relátka v RF zásuvce)

};

void loop()

{

    if(digitalRead(prepinac) == 0){ //jestliže přepínač je sepnutý, tak bude fungovat jen ovládání přes
internetovou stránku, jinak bude fungovat jen ovládání tlačítkem.

// když je připojen klient, zjistíme, zda jsou odeslána data // od klienta směrem k nám

EthernetClient client = server.available();

String buffer = "";

while (client.connected()) {    // dokud je klient připojen

    if (client.available()) {    // čti data od něj, dokud nenarazíš na znak nového řádku

        char c = client.read();

        buffer = buffer + c;

        if (c == '\n') {

            if(buffer.indexOf("led1=1")>=0){

                digitalWrite(stavovy,HIGH);

                PoslatKod(dataOn);

            };

        };

    };

};

}
```

```
        if(buffer.indexOf("led1=0")>=0){
            digitalWrite(stavovy,LOW);
            PoslatKod(dataOff);
        };

client.println("HTTP/1.1 200 OK"); // odešle klasickou hlavičku HTML stránky
client.println("Content-Type: text/html");
client.println("Connection: close");
client.println();
client.println("<!DOCTYPE HTML>");

// zde již klasická html data
client.println("<html>");
client.println("<head>");
// Název stránky
client.println("<title>Arduino Server - Ovladani zasuvky 230V/50Hz</title>");
client.println("</head>");
client.println("<body>");
client.println("<h1>Arduino Server - Ovladani zasuvky 230V/50Hz</h1>");
// vygeneruje formulář
if (buffer.indexOf("led1=1")>=0){

client.print("<a href='http://192.168.1.150?led1=0'><button style='background:lightgreen;width:100%;height:40px'>Now is ON.</button></a>");

        }else{

client.print("<a href='http://192.168.1.150?led1=1'><button style='background:red;width:100%;height:40px'>Now is OFF.</button></a>");

        };

        client.println("</br>");
        client.println("</body>");
        client.println("</html>");

//ukončí přenos
```

```
client.stop();

Serial.println(buffer); // zápis na serial monitor (do bufferu)

};

};

};

}else{ //jestliže přepínač je sepnutý, tak bude fungovat jen ovládání přes internetovou stránku, jinak bude fungovat jen ovládání tlačítkem.

// když je připojen klient, zjistíme, zda jsou odeslána data // od klienta směrem k nám

EthernetClient client = server.available();

String buffer = "";

// odešle klasickou hlavičku HTML stránky

client.println("HTTP/1.1 200 OK");

client.println("Content-Type: text/html");

client.println("Connection: close");

client.println();

client.println("<!DOCTYPE HTML>");


// zde již klasická html data

client.println("<html>");

client.println("<head>");

// Název stránky

client.println("<title>Arduinio Server - Ovladani zasuvky 230V/50Hz</title>");

client.println("</head>");

client.println("<body>");

client.println("<h1>Arduinio Server - Ovladani zasuvky 230V/50Hz</h1>");

// vygeneruje formulář

client.print("<p>Ovladani pres webove rozhrani je ted zakazano.</p>");

client.print("<p><a href='http://192.168.1.150'>Zkusit znovu</a>.</p>");


client.println("</br>");


client.println("</body>");

client.println("</html>");
```

```
//ukončí přenos  
client.stop();  
Serial.println(buffer);  
  
if(digitalRead(tlacitko) == 0){ //jestliže tlačítko je sepnuté  
  if(digitalRead(stavovy) == 0){ //jestliže stav je vypnuto  
    //zapnu  
    digitalWrite(stavovy,HIGH);  
    PoslatKod(dataOn);  
  }else{  
    //vypnu  
    digitalWrite(stavovy,LOW);  
    PoslatKod(dataOff);  
  };  
};  
};  
};
```